Entwickelungsgeschichte und Anatomie der Lenticellen.

Inaugural-Dissertation

der

philosophischen Facultät

der

Universität Strassburg im Elsass

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

zur Erlangung

der Doctorwürde

vorgelegt von

Christian Ernest Stahl

aus Schiltigheim.

Mit 1 Tafel.

Halle a/S.,

Gebauer-Schwetschke'sche Buchdruckerei.

1873.

I. Historischer Ueberblick.

Mit dem Namen „Lenticellen“ bezeichnet man kleine warzenförmige Höckerchen, die ziemlich allgemein an der Oberfläche derjenigen Gewächse vorkommen, bei denen die Epidermis früher oder später durch Kork ersetzt wird. Seit früher Zeit erregten diese Gebilde die Aufmerksamkeit der Botaniker und gaben Anlass zu mancherlei Conjecturen über Bau und physiologische Bedeutung. Ihr Verhalten zum Periderm wurde jedoch meist verkannt; sie selbst mit anderen bei oberflächlicher Betrachtung ähnlichen Gebilden, wie Korkwarzen, Drüsen, Austrittstellen von Wurzeln u. s. w. verwechselt. Es sei hier einstweilen bloss auf diesen Punkt aufmerksam gemacht. Die Besprechung jener mit den Lenticellen verwechselten Gebilde kann erst nach der genaueren Darstellung der Structur der ächten Lenticellen gegeben werden; sie soll daher als Anhang am Schlusse dieser Arbeit ihren Platz finden.

Alle jene bloss auf oberflächliche Betrachtung gestützten Angaben älterer Schriftsteller hier aufzuführen, ist schon desshalb zwecklos, da sämmtliche in Mohl's „Untersuchungen über die Lenticellen“ ihre Besprechung gefunden haben. Zudem war zu jener Zeit der Begriff von Lenticellen noch keineswegs festgestellt und wurden die „linsenförmigen Drüsen“ bald mit den ächten Drüsen, bald mit den Spaltöffnungen verwechselt. (Mirbel, Traité d'Anatomie et de Physiologie végétale.)

Zuerst suchte DeCandolle[1]) den Begriff festzustellen, indem er den früher unter verschiedenen Namen bekannten Gebilden den ihrem habituellen Aussehen entlehnten Namen Lenticellen gab. Wenn auch er selbst in der Anwendung des neu geschaffenen Ausdruckes nicht glücklich war, indem er die Austrittsstellen der Adventivwurzeln mit den Lenticellen verwechselte[2]) und demgemäss die letzteren als Wurzelknospen betrachtete, so blieb gleichwohl der DeCandolle'sche Ausdruck später im Gebrauche, und wird auch im Laufe dieser Abhandlung gleichzeitig mit dem Namen Rindenporen gebraucht werden. Unter diesem letzteren finden wir die in Rede stehenden Gebilde bereits bei Du Petit-Thouars (Essais sur la végétation. S. 222) bezeichnet, welcher annimmt: „Sie seien bestimmt eine Verbindung zwischen der äusseren Luft und der inneren Rinde zu unterhalten, eine Verbindung, die zur Umwandlung des letzteren in grünes Parenchym nöthig zu sein scheine.“

Gegen DeCandolle äussert derselbe Autor, „wenn die Wurzeln in manchen Fällen aus den Rindenporen hervordringen, so geschehe es, weil sie hier die Rinde am leichtesten durchbrechen könnten.“ Diese Erklärung scheint in der That für manche Fälle zutreffend zu sein; so treten z. B. bei *Solanum dulcamara* fast alle Adventivwurzeln durch die Lenticellen aus.

Zu derselben Ansicht wie Du Petit-Thouars kam Agardh[3]), der die Lenticellen für Oeffnungen in der Rinde hält; die Ursache der Bildung der Adventivwurzeln unter den Rindenporen leitet er von der durch diese Oeffnungen eindringenden Feuchtigkeit ab.

Genauere Darstellung der Structur, sowie Beziehungen der Lenticellen zum Periderm sind

1) Annales des Sciences naturelles. 1825.

2) Mohl, Vermischte Schriften: Sind die Lenticellen als Wurzelknospen zu betrachten?

3) Organographie. S. 128.

zuerst in der grundlegenden Arbeit Mohls: „Untersuchungen über die Lenticellen“ gegeben, auf welche ich im Laufe dieser Abhandlung noch mehrmals zurückzukommen haben werde.

Kurz nach dem Erscheinen des Mohl'schen Werkes veröffentlichte Unger in der Flora (14. October 1836) eine Abhandlung über die Bedeutung der Lenticellen, in welcher wir neben mancherlei abenteuerlichen Speculationen einige Thatsachen registrirt finden, die Mohl's Scharfsinn entgangen waren. Wenn Mohl, der die Lenticellen für eine partielle Korkbildung hielt, seinerseits bemüht war, bei ihnen die Charaktere des Korkes nachzuweisen, so gelang es andererseits Unger, trotz seiner nichts weniger als plausiblen Ansicht — „die Lenticellen seien für Versuche zu erklären, die Brutknospenbildung auf der Rinde der Dicotyledonen fortsetzen zu wollen“ — dennoch die wahre Structur der Lenticellen zu erkennen. Seine Ansicht gipfelt in dem Satz: „die wuchernden Zellen der Lenticellen verrathen durchgehends eine Tendenz zur Trennung und sind somit als ein Analogon der Flechtensoredien und Keimkörner der Jungermannien zu betrachten.“ Wenn uns diese Vergleiche mehr als gewagt erscheinen, so verdienen dagegen die ebenfalls von Unger zu den Lenticellen gerechneten Staubgrübchen der Farne nähere Beachtung. Ihrer Structur nach gehören sie nicht hierher (vide: Mettenius, in Bericht über die Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Carlsruhe. Sept. 1858. S. 100), wenn auch der Ort ihrer Entstehung den Lenticellen physiologisch analoge Gebilde vermuthen liesse.

Unger entdeckte zuerst die Thatsache, dass die Lenticellen unter Spaltöffnungen entstehen und diese in einer grösseren Anzahl von Fällen gemachte Beobachtung generalisirend, nahm er an, dass in allen Fällen, wo sich später eine Lenticelle erzeuge, in dem noch grünen Zweige eine Spaltöffnung der Oberhaut vorhanden wäre[4]). Es hängt also, sagt Unger, die Entstehung der Lenticellen mit dem Athmungsprocess auf irgend eine Weise zusammen und es lassen sich die Lenticellen als obliterirte Athmungsorgane betrachten.

Meyen[5]) und Schleiden[6]), sich auf Unger's Beobachtungen stützend, gelangen zu demselben Resultat wie Du Petit-Thouars,

4) Flora 1836. S. 236.
5) Pflanzenphysiologie. Bd. I. S. 413.
6) Grundzüge. Bd. II. S. 212.

ohne jedoch ihre Behauptung weder auf anatomische Untersuchungen, noch auf experimentelle Versuche zu gründen.

Unger's Entdeckung der Beziehungen zwischen Lenticellen und Spaltöffnungen blieb lange Zeit wenig beachtet. Schacht[7]) scheint sie nicht gekannt zu haben.

Seine Aussage, dass bei der Birke die Lenticellen durch eine Korkbildung unter den Harz absondernden Drüsen entstehen, beruht, wie man sich leicht überzeugen kann, auf einer Verwechselung der Rindenporen mit den bekannten, die jungen Birkentriebe (*Betula verrucosa*), bedeckenden warzenförmigen Drüsen.

Direkt angefeindet, wurde Unger's Beobachtung durch Germain de Saint-Pierre[8]). Da aber genannter Autor die Lenticellen mit Drüsen und abgestorbenen Haaren verwechselt, so wird man es gerechtfertigt finden, wenn ich mich nicht näher in die Discussion seiner Behauptungen einlasse.

Weit vollständiger als alle seit Mohl's Untersuchungen erschienenen Arbeiten ist die mir leider erst vor kurzer Zeit bekannt gewordene Abhandlung Trécul's: Remarques sur l'origine des lenticelles[9]). Auf eingehendere Darstellung der Gestalt, des äusseren Aussehens und Vorkommens der unter Spaltöffnungen entwickelten Lenticellen, lässt Trécul Schlussbetrachtungen folgen, die keineswegs mit seiner ziemlich genauen Beschreibung der Structur übereinstimmen, indem er im Wesentlichen der Mohl'schen Anschauungsweise beitritt: „Die Lenticellen verdanken ihren Ursprung einer unter dem abgestorbenen oder im Absterben begriffenen Gewebe der Athemhöhle der Spaltöffnung stattfindenden Korkbildung, welche Korkbildung zum Schutz der tiefer liegenden Gewebe gegen atmosphärische Einflüsse dient.“

Im Laufe des vergangenen Jahres gemachte Beobachtungen über Structur und Funktion der Lenticellen, führten mich zu wesentlich verschiedenen hier mitzutheilenden Ergebnissen. Nachfolgende Untersuchungen wurden grösstentheils im botanischen Laboratorium zu Strassburg gemacht unter der Leitung des Herrn Professor de Bary. Es sei mir gestattet dem ver-

7) Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. S. 295.
8) Dictionnaire de Botanique. 1870. S. 830.
9) Comptes rendus de l'académie des sciences. Bd. 73. S. 15—23.

ehrten, mir durch Rath und That beistehenden, Lehrer, hier meinen öffentlichen Dank auszusprechen.

Da Gestalt, Farbe und Vertheilung der Lenticellen am jungen Zweige eingehend von Trécul beschrieben worden sind, werde ich mich mehr an die Darstellung der inneren Structur und der unter den Spaltöffnungen stattfindenden Veränderungen halten und diese zunächst genauer bei einigen Gewächsen verfolgen.

II. Entwickelung der Lenticellen unter Spaltöffnungen.

Untersuchen wir einen noch in Streckung begriffenen Zweig von *Sambucus nigra*, so können wir die verschiedenen hier rasch auf einander folgenden Entwickelungsstadien der Lenticellen verfolgen. Am unteren Ende des Zweiges haben dieselben bereits die Oberhaut durchbrochen und ihre durch eine Furche in zwei lippenförmige Wülste getheilte, braune, korkartige Masse sticht bedeutend gegen die grüne Farbe des jugendlichen Stengels ab. An den jüngeren Internodien erscheinen die noch von der Epidermis bedeckten Rindenporen als längliche etwas hervorgewölbte Flecken. An der Spitze des Stengels endlich sind die Stellen, an denen sich Lenticellen entwickeln werden, kaum durch eine etwas hellere Farbe als die des Stengels kenntlich. Durch diese dem unbewaffneten Auge kaum sichtbaren Fleckchen glücklich geführte Querschnitte zeigen uns die noch unveränderte Spaltöffnung, deren Sitz durch die mit Luft erfüllte weiss erscheinende Athemhöhle verrathen wird.

Die Epidermis von *Sambucus nigra* besteht aus ohngefähr isodiametrischen Zellen, deren Aussen- und Seitenwände wenig verdickt sind, während die Innenwände schon einigermassen die Beschaffenheit der Wände der angrenzenden Collenchymzellen zeigen. Dieses Collenchymgewebe, welches unter den Kanten des Stengels eine bedeutende Mächtigkeit erreicht, ist in den Furchen auf zwei bis drei Zellreihen reducirt. Die äusserste an die Epidermis grenzende Zellschicht ist der Sitz der später eintretenden Korkbildung. Unter dem Collenchym und den Zwischenraum zwischen diesem Gewebe und dem Basttheil der Gefässbündel ausfüllend, liegt das grüne lufthaltige Rindenparenchym, das unter den Spaltöffnungen das Collenchym durchbricht, um in der Athemhöhle mit der umgebenden Luft in Verbindung zu treten. (Fig. 1.)

Die ersten Veränderungen, welche die Bildung der Lenticellen einleiten, treffen die der Athemhöhle zunächst gelegenen chlorophyllhaltigen Parenchymzellen (Fig. 2). Diese fangen an ihr Volumen bedeutend zu vergrössern, theilen sich (oft auch schon vor der Grössenzunahme), und, indem sie ihre grüne Farbe allmählig verlieren, werden sie zu den für die Rindenporen characteristischen, farblosen, dünnwandigen Zellen, welche im Laufe dieser Abhandlung der Kürze wegen mit dem Namen Füllzellen bezeichnet werden. Rasch erstrecken sich diese Veränderungen auf die im weiteren Kreise gelegenen Parenchym- und Collenchymzellen (Fig. 3); diese theilen sich mehrfach, die Theilproducte runden sich ab, indem sie sich auf die oben beschriebene Weise verändern. Schliesslich hört jedoch das Umsichgreifen der Veränderungen auf; nie treten die kleineren Zellen des secundären Rindenparenchyms zur Lenticellenbildung hinzu, es bleiben im Gegentheil immer noch mehrere der grossen Zellen der primären Rinde bei diesen Veränderungen unbetheiligt. Von nun an wird die Füllzellenbildung von einer in einem Bogen um die Spaltöffnung gelegenen Zellreihe übernommen (Fig. 4). Diese Zellen, welche zum grössten Theil parenchymatische, an den Rändern der Lenticelle aber collenchymatische Structur zeigen, theilen sich mehrfach, zerfallen aber nicht ganz in Füllzellen. Bloss die nach aussen gerückten Theilproducte erleiden die oben beschriebenen Veränderungen; die inneren bilden eine Schicht, welche den ganzen Sommer durch nach aussen Füllzellen, nach innen den Korkrindenzellen zu vergleichende Parenchymzellen bildet.

Durch diese Zellwucherungen ist bald unter den Spaltöffnungen eine aus hyalinen, abgerundeten, wegen Mangel an Raum zusammengedrückten Zellen bestehende Gewebemasse entstanden, welche einen nicht unbedeutenden Druck auf die bei diesen Veränderungen unbetheiligte Epidermis ausüben. Diese wölbt sich hervor und bildet jene länglichen Schwielen, durch welche die ältesten verschrumpften rothbraunen Füllzellen durchschimmern. Bald jedoch reisst die Epidermis durch einen der Achse parallelen Riss und die aussen braune, brüchige Füllsubstanz der Lenticelle tritt nunmehr auf die Oberfläche des Stengels (Fig. 5).

Die Korkbildung tritt meist erst nach dem Aufreissen der Oberhaut in den der Lenticelle zunächst gelegenen subepidermalen Collenchymzellen ein und erstreckt sich von hier aus auf die übrigen Stengeltheile.

Von aussen betrachtet, hat die nun vollkommen ausgebildete Lenticelle eine etwa länglich-linsenförmige Gestalt und braune Farbe. Ihre äussere brüchige Substanz besteht aus den verwitterten Füllzellen. Auf Querschnitten zeigt sie sich aus radialen zur Achse des Stengels senkrecht gestellten Zellreihen zusammengesetzt, deren Grenzen durch intercellulare schwarze Luftstreifen angedeutet sind. Zwischen Füllsubstanz und Phelloderm liegt die aus tafelförmigen, zartwandigen Zellen bestehende, an der Peripherie der Lenticelle in das Korkcambium sich fortsetzende Schicht, die ich in dieser Arbeit mit dem Namen Verjüngungsschicht bezeichnen werde, da von ihr die ziemlich rasch verwitternden Füllzellen fortwährend ersetzt werden.

Beim Kirschbaum ist der Vorgang der Lenticellenbildung im Wesentlichen derselbe wie beim Hollunder. Die geräumige Athemhöhle wird durch die an Volumen zunehmenden Parenchymzellen erfüllt. Diese wachsen in die Athemhöhle hinein, theilen sich, verlieren ihr Chlorophyll. Die Verdünnung der Wände ist hier noch auffallender als bei Sambucus, da das grüne Rindenparenchym aus dickwandigen Zellen besteht.

Nur wenige Parenchymzellenreihen werden zur Lenticelle verwendet. Schon frühe wird die Füllzellenbildung durch die Verjüngungsschicht übernommen, und wenn die Lenticellen dennoch ziemlich tief in die Rinde eingesenkt sind, so ist dies lediglich der hier frühe eintretenden Peridermbildung zuzuschreiben (Fig. 6). Lange widersteht die Epidermis dem Druck der nachwachsenden Füllzellen, deren älteste verschrumpfen, sich als braune Masse unter der Spaltöffnung anhäufen und schliesslich das Aufreissen der Epidermis bewirken. Diese bleibt jedoch noch längere Zeit am Triebe haften, von welchem man sie leicht in langen Fetzen ablösen kann. Durchsucht man diese Häutchen unter dem Microscope, so gelingt es nicht eine einzige Spaltöffnung aufzufinden, die nicht zur Lenticellenbildung Anlass gegeben hätte. Andererseits ist es ein leichtes, die Spaltöffnung über allen Lenticellen nachzuweisen.

Trécul[10]) giebt zwar an, dass es ihm in manchen Fällen nicht gelungen wäre, an kräftig wachsenden Trieben von *Carya olivaeformis*, *Corylus tubulosa*, *Ulmus campestris*, *Rhamnus frangula*, *Acer campestre*, *Prunus Padus* u. s. w. die Spaltöffnungen in den die Ursprungsstellen der Lenticellen bezeichnenden Flecken aufzufinden. „Man wird", sagt er, „die Spaltöffnungen auf den jüngsten Flecken nicht finden, dieselben aber sicher an älteren Flecken nachweisen können." — Da aber die Rindenporen, wenigstens bei den in Rede stehenden Gewächsen, Veränderungsproducte des unter den Spaltöffnungen liegenden Parenchyms sind, so lässt sich Trécul's Aussage nur folgendermassen erklären. Entweder hat er die zart contourirten oft unter Haaren versteckten Spaltöffnungnn übersehen, oder die erwähnten hellen Flecken stellen nicht die in Bildung begriffenen Lenticellen, sondern die jungen noch nicht ausgebildeten Spaltöffnungen vor. Mir gelang es stets, oft wohl erst nach wiederholter Anwendung aufhellender Reagentien, die Stomaten über den jungen Lenticellen nachzuweisen.

In den bisher betrachteten Fällen fanden wir je eine Spaltöffnung über einer jungen Lenticelle. Dieselben Resultate ergaben sich aus der Untersuchung vieler anderer Gewächse wie: *Ligustrum vulgare*, *Syringa persica*, *Salix fragilis*, *Rhus typhina*, *cotinus*, *Fraxinus ornus*, *Robinia Pseudo-acacia* u. s. w. Trécul, der die Beziehungen zwischen Lenticellen und Spaltöffnungen genauer in's Auge fasste, zählt nicht weniger als 50 Bäume und Sträucher auf, bei denen es ihm gelang, eine Spaltöffnung in der die Lenticelle überziehenden Oberhaut nachzuweisen: die Zahl der Lenticellen entspricht also hier der Zahl der Stomaten.

Es giebt aber nach Trécul eine Anzahl von Pflanzen, wo man nicht mehr eine, sondern eine Gruppe von Spaltöffnungen über einer Lenticelle findet: So z. B. 1—5 bei *Juglans regia*, 1—9 bei verschiedenen Populusarten, 15—16 bei *Populus canadensis*, zwischen 15 und 30 bei *Hedera regnoriana*. Bei den eben erwähnten Gewächsen (wenigstens bei denjenigen derselben, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte), sind die Spaltöffnungen gruppenweise auf der Stengeloberfläche vertheilt. Unter jeder dieser Stomatengruppen entwickelt sich (vielleicht *Hedera* ausgenommen) eine Lenticelle durch Umwandlung des unterliegenden Parenchyms. Ob hier eine Spaltöffnung als Ausgangspunkt der Rindenporenbildung zu betrachten sei, oder ob diese gleichzeitig unter allen Stomaten statt-

10) loc. cit. S. 17.

finde, lässt sich hier nicht leicht entscheiden, ist auch für das weitere Verhalten der Rindenporen ohne Bedeutung. Bei *Populus fastigiata* und *Juglans regia*, wo die zu einer Gruppe gehörigen Stomaten manchmal ziemlich entfernt von einander liegen, sieht man die zuerst getrennten hellen Flecke sich bald mit einander vereinigen, um eine einzige Lenticelle zu bilden. Diese Vereinigung zuerst getrennter Rindenporen kommt, wie sich übrigens erwarten lässt, nicht selten bei den verschiedensten Bäumen und Sträuchern vor.

Ein anderer Fall ist der, wo die sehr zahlreichen Spaltöffnungen nicht gruppenweise, sondern zerstreut auf der Stengeloberfläche liegen. Dass bei den Pflanzen mit spaltöffnungsreicher Epidermis nur unter dem geringsten Theil derselben Lenticellen entstehen, lässt sich am anschaulichsten bei *Viburnum opulus* constatiren. Hier entwickeln sich wie gewöhnlich die Rindenporen am jungen noch in Streckung begriffenen Zweige; aber von den zahlreichen mit sehr kleinen Athemhöhlen versehenen Spaltöffnungen sind nur wenige der Ausgangspunkt zur Lenticellenbildung. Wenn diese letzteren in ihrer Entwickelung ziemlich weit vorangeschritten sind, so tritt die Korkbildung in der obersten Parenchymzellenreihe ein und setzt sich ununterbrochen unter der Mehrzahl der unveränderten Spaltöffnungen fort. Ebenso gelang es mir bei *Rosa canina*, *Evonymus europaeus*, *Persica vulgaris*, *Cornus sanguinea* mehrere Spaltöffnungen in der die Lenticellen bedeckenden Epidermis zu finden, von denen aber offenbar nur eine und zwar die in der Mitte liegende der Ausgangspunkt der Rindenporenbildung ist.

An die gegebenen Beispiele reihen sich mit geringen Abweichungen die meisten Bäume, bei denen sich der Kork in der obersten Parenchymzellenreihe bildet, durch die Entwickelungsweise ihrer Lenticellen an. Bei sämmtlichen (mehrere Coniferen ausgenommen) verdanken die Lenticellen dem die Athemhöhle umgebenden Parenchym ihren Ursprung: die Epidermis ist dabei weder direkt noch indirekt betheiligt.

Aehnlich verhalten sich *Gymnocladus canadensis*, *Amorpha fruticosa*, *Robinia pseudacacia*, wo der Sitz der Peridermbildung in der zweiten oder dritten Parenchymlage ist.

In dieser Hinsicht etwas abweichende Verhältnisse finden wir bei denjenigen Bäumen und Sträuchern, bei denen der Kork in der Epidermis gebildet wird: *Viburnum lantana*, *Crataegus oxyacantha*, *Pirus*, *Salix*arten u. s. w. Bei *Crataegus oxyacantha*, wo die Korkbildung ziemlich spät eintritt, überzieht die kaum veränderte Epidermis die aus kleinzelligem Gewebe bestehenden stark hervorragende Höcker bildenden Lenticellen: sie ist bloss durch den Druck der heranwachsenden Füllsubstanz etwas verändert; ihre Zellen hie und da durch auf die Oberfläche des Stengels senkrechte Wände getheilt. Eine direkte Betheiligung derselben bei der Füllzellenbildung findet nicht statt. Erst wenn in der Epidermis die von den Lenticellen aus auf die übrigen Stengeltheile sich verbreitende Korkbildung eingetreten ist, tragen die Theilproducte der der Lenticelle zunächst gelegenen Epidermiszellen zu ihrer Vergrösserung bei, indem das an die Verjüngungsschicht sich anlegende Korkcambium statt ächter Korkzellen Füllzellen bildet.

Die Betheiligung des Korkcambiums bei der Bildung und Vergrösserung der unter den Spaltöffnungen entstandenen Rindenporen ist eine allgemein verbreitete und wurde bereits durch Mohl angeführt. Bei den Lenticellen anderer Entstehung spielt aber das Korkcambium eine noch viel grössere Rolle, indem bei einer grossen Anzahl von Gewächsen immer, bei anderen wenigstens die an älteren Zweigen sich bildenden Lenticellen ihre Entstehung einzig und allein dem Korkcambium verdanken.

Bevor ich jedoch auf die Darstellung dieser zweiten Art der Lenticellenbildung übergehe, muss ich einige von den vorhergehenden etwas abweichende Angaben Trécul's[11]) besprechen. Nach ihm ist in manchen Fällen das unter den Spaltöffnungen gelegene Parenchym nicht chlorophyllhaltig, sondern farblos (so bei *Sambucus nigra*, bei verschiedenen *Populus*- und *Salix*arten); die Zellvermehrung findet innerhalb dieses farblosen Gewebes statt, so dass gleich anfangs die Lenticelle tief in die Rinde eingesenkt ist. Dass diese Spaltöffnungen mit dem darunter liegenden farblosen Parenchym bereits weiter vorgeschrittene Entwickelungsstadien der Rindenporen sind geht aus der vorhergehenden Entwickelungsgeschichte hervor. In der That ist es nicht leicht, bei manchen der erwähnten Gewächse die unveränderten Spaltöffnungen aufzufinden. Bei schwachen, langsam wachsenden Trieben beginnt die Rindenporenbildung schon an den jüngsten Internodien und nur durch diese Region geführte Querschnitte zeigen uns die un-

11) l. c. S. 18. 19.

veränderten Spaltöffnungen mit den grünen, die Athemhöhle umgebenden, Parenchymzellen. Es sei hier übrigens bemerkt, dass in vielen Fällen es oft sehr zeitraubend ist, Querschnitte durch die sparsamen noch unveränderten Stomaten zu erhalten, da diese nicht selten erst dann dem mit der Lupe bewaffneten Auge sichtbar werden, wenn schon die Füllzellenbildung ziemlich weit vorangeschritten ist.

III. Entstehung der Lenticellen aus dem Phellogen.

In allen betrachteten Gewächsen, wo die Korkbildung entweder in der Epidermis selbst oder in den ihr zunächst gelegenen Parenchymzellenlagen stattfindet, sahen wir die Lenticellenbildung durch Umänderung des die Athemhöhle der Spaltöffnung umgebenden Parenchyms entstehen. Unger, der diese Beziehungen zwischen Lenticellen und Stomaten in einer grösseren Anzahl von Fällen wiederholt gefunden hatte, nahm an, dass sich die Lenticellen nirgend anders entwickeln, als wo sich an den noch jungen Zweigen Spaltöffnuugen finden [12]).

Es giebt aber bekanntlich eine Anzahl von holzbildenden Gewächsen, insbesondere Sträucher, bei denen der Sitz der Korkbildung tiefer in der primären Rinde oder selbst in den äussersten Lagen der secundären ist: in allen diesen Fällen werden nach kürzerer oder längerer Frist die abgegliederten Rindentheile abgeworfen, ohne dass unter den Spaltöffnungen jene oben beschriebenen Veränderungen stattgefunden hätten. Nichts desto weniger sind später an den Stämmen der meisten dieser Gewächse Lenticellen vorhanden, die von den bisher betrachteten keine wesentlichen Unterschiede zeigen.

Einen besonders interessanten Gegenstand zum Studium dieser Rindenporen bietet uns die in so mancher Hinsicht merkwürdige *Ginkgo biloba*. — Anfangs October ist am jungen Triebe bereits ein mehrschichtiges, aus weiten Zellen bestehendes, Periderma entwickelt, welches seine Entstehung einer ziemlich unregelmässigen Parenchymzellenreihe verdankt, welche innerhalb der den ganzen Stengel umgebenden Faserzellenbündel verläuft und je nach der Mächtigkeit der letzteren mehr oder weniger von der Epidermis entfernt ist. Die Wände der Korkzellen sind dünn, im Alter braun gefärbt, geschlängelt. Zwischen dem aus tafelförmigen Zellen bestehenden Korkcambium und dem primären Rindenparenchym liegen je eine oder zwei chlorophyllhaltige Zellen, welche man an ihrer radialen Anordnung unter den Korkmutterzellen sogleich für Korkrindenzellen erkennt. Dies die Beschaffenheit der Korkbildungen am grössten Theil des Stengelumfangs.

An einzelnen Stellen bemerken wir aber weisse, etwas hervorgewölbte Fleckchen, über welchen an der Basis der Triebe die durch Korkbildung abgegrenzte äussere Rinde bereits aufgerissen ist. Dieses weisse lufthaltige Gewebe verräth die Gegenwart der Lenticellen. Um genauer die Entstehungsweise dieser Rindenporen zu erörtern, führen wir Stengelquerschnitte durch jene Stellen, wo die hellen Flecken kaum sichtbar sind. Die im ganzen Korkcambium stattfindenden Theilungen, durch welche dem Periderm neue Korkschichten hinzugefügt werden, sind an den oben bezeichneten Stellen auffallend reger. Bemerkenswerth sind ferner die auf die Achse des Stengels senkrecht gerichteten Längsscheidewände, welche die Zellen der Verjüngungsschicht halbiren und die (den Korkzellen verglichen) geringe Grösse der Füllzellen zur Folge haben. Unter dem Druck der heranwachsenden Lenticelle wölbt sich die Rinde hervor und berstet (Fig. 7). Da aber die Theilungen in der Verjüngungsschicht in den ersten Zeiten verhältnissmässig nicht sehr häufig sind, so bleiben die Lenticellen, selbst am zweijährigen Zweige, noch in Form von weissen Grübchen in das stark entwickelte Periderm eingesenkt. Erst in den folgenden Jahren treten sie allmälig, in Folge der von der Verjüngungsschicht ausgehenden ausserordentlich üppigen Phellodermbildung, durch das dunkle Periderm an die Oberfläche in Form von weissen, rundlichen Warzen, mit zur Achse des Stengels paralleler Mittelfurche. Die an beiden Seiten der Lenticelle sich in das Korkcambium fortsetzende Verjüngungsschicht beschreibt einen stark nach aussen convexen Bogen (Fig. 8). Das sublenticelläre Phelloderm, das ich nirgends so stark entwickelt gefunden habe, bestand an einem alten Stamme aus mehr denn vierzig genau radial angeordneter, cylindrischer, chlorophyllhaltiger Zellen, deren Zwischenräume reichen Luftgehalt zeigten.

12) Flora 1837. S. 236.

Höchst merkwürdig sind Structur und Schichtung der Füllsubstanz (Fig. 8).

Bei oberflächlicher Betrachtung wäre man geneigt diese einfach für eine Korkwucherung zu halten. Besonders auffallend treten ihre Eigenthümlichkeiten an mehrjährigen Lenticellen hervor. Bei allen bisher angeführten Gewächsen bilden die Füllzellen entweder eine pulverige Substanz, deren Elemente sich leicht von einander loslösen oder eine mehr zusammenhängende Masse, deren Theile aber allmälig an der Oberfläche verwittern, in dem Masse sie von innen nachgebildet werden. In keinem der betrachteten Fälle erreichte jemals die Füllmasse eine beträchtliche Dicke. Bei *Ginkgo* dagegen ist die schwammige Füllsubstanz in einem äusserst hohen Grade resistent gegen äussere Einflüsse, so dass man an alten Lenticellen die Füllmasse mehrerer Jahre angehäuft findet. Auf Querschnitten unterscheiden sich die länglich cylindrischen Füllzellen von den Korkzellen nur durch farblose, dünnere Membran, geringere Grösse. Ihre charakteristische Eigenthümlichkeit nur in lockerem Verbande mit einander zu stehen gewahrt man am besten auf durch Tangentialschnitte gewonnenen Flächenansichten. Während nämlich die gelbbraunwandigen polygonalen Korkzellen eng aneinander schliessen (Fig. 9), zeigen die Füllzellen kreisförmigen Contour (Fig. 10) und dem entsprechend luftführende Intercellularräume, welche auf Querschnitten als gerade schwarze Linien die Füllsubstanz durchziehen und, zwischen den Zellen der Verjüngungsschicht durchdringend, das an Intercellularräumen reiche Phelloderm mit der Atmosphäre in Verbindung setzen.

Höchst merkwürdig ist die schon oben erwähnte Schichtung der Füllsubstanz bei älteren Lenticellen (Fig. 8). Es folgt nämlich immer auf eine Anzahl von Füllzellen von dem oben beschriebenen Bau eine viel dünnere aus wenigen Zelllagen bestehende Schicht gelbwandiger und prismatischer Zellen, die dieselbe Beschaffenheit und gegenseitigen Verband als die Korkzellen zeigen, jedoch ihrer Grösse und Entstehung nach mit den Füllzellen übereinstimmen (Fig. 11). Diese bei *Ginkgo biloba* besonders auffällige Schichtung giebt uns wichtige Winke über die je nach den Jahreszeiten verschiedene Gestaltung der Rindenporen. Eine jede dieser Korklamellen entspricht der winterlichen Ruheperiode, die dazwischen gelegene Füllsubstanz der activen Vegetationsperiode.

Aehnliche Structur und Entstehungsweise

der Lenticellen wie *Ginkgo* zeigen die Sträucher der Gattung *Lonicera: L. tatarica, xylosteum, nigra* u. s. w. Hier wird die ganze primäre Rinde durch ein aus einer bestimmten Anzahl von Korkzellen bestehendes Periderma abgegliedert und ersetzt.

Die Korkmutterzellen liegen innerhalb eines geschlossenen, aus mehreren Reihen weiter, langgestreckter, dicke verholzte Wände zeigender Zellen bestehenden Faserzellenringes. Nach Sanio[13]), der die Korkbildung bei *Caprifolium periclymenum* beobachtete, entstehen durch centrifugale Theilungen der Korkmutterzellen 4—5 Zellen. Die unterste, manchmal die zwei untersten Tochterzellen werden zu Korkrindenzellen, die übrigen verkorken sämmtlich von aussen nach innen. Es finden später keine weiteren Theilungen statt. Durch die Bildung dieses für sich abgeschlossenen Korkringes wird die primäre Rinde dem Absterben Preis gegeben. Ich entlehne diese Darstellung der Korkbildung bei *Caprifolium Periclymenum* der Arbeit Sanio's, weil es mir an jüngerem Material um die Entstehung des Korkes bei der behufs Rindenporenbildung untersuchten *Lonicera tatarica* gebrach. Die Korkbildung scheint jedoch, so weit sich aus fertigen Stadien erkennen lässt, im Ganzen mit dem Beispiele Sanio's übereinzustimmen, nur dass hier die Zahl der centrifugalen Scheidewände nicht 4—5, sondern 6—9 beträgt, mit entsprechender Zahl von Korkzellen und Korkrindenzellen. Bis hierher finden wir die grösste Uebereinstimmung bei beiden Gewächsen. Während aber bei *Caprifolium Periclymenum* die Structur des Periderms auf der ganzen Stengeloberfläche eine überaus gleichmässige ist, so zeigt das Periderm von *Lonicera tatarica* an einzelnen hervorgewölbten weissen Stellen eine abweichende Beschaffenheit. Querschnitte durch diese helleren Stellen zeigen uns, dass hier die Zahl der tangentialen Scheidewände keine begrenzte ist. Dazu haben noch auf die Achse des Stengels senkrechte Theilungen stattgefunden, durch welche ein kleinzelliges Gewebe entstanden ist, das im Wesentlichen die Structureigenthümlichkeiten der unter den Spaltöffnungen entstandenen Lenticellen zeigt. Füllzellen und Korkrindenzellen sind aus derselben Parenchymzellenlage hervorgegangen, welche an der übrigen Stengelperipherie Korkzellen und Korkrindenzellen lieferte. Dass schon durch die ersten Theilungen der Phellogenzellen Füll-

13) Pringsheim's Jahrbücher. Bd. II. S. 97.

zellen gebildet worden sind, geht aus dem Umstand hervor, dass die Füllzellen bis zu dem Faserzellenring reichen. Auf Querschnitten unterscheiden sich die Füllzellen nur durch Dünnwandigkeit und geringere Grösse; die Intercellularräume gewahrt man wie bei *Ginkgo* am besten auf durch tangentiale Schnitte gewonnenen Flächenansichten, wo sich die Füllzellen besonders noch durch ihre mehr polygonale Gestalt von den angrenzenden gestreckten Korkzellen unterscheiden. Das sublenticelläre Phelloderm besteht aus kleinen chlorophyllreichen Zellen, deren Grenzen durch die in den Zwischenräumen reichlich vorhandene Luft in Form von schwarzen Streifen erscheinen. Da unter den Rindenporen das Phelloderm mächtiger entwickelt ist als an der übrigen Stengelperipherie, so bildet die Verjüngungsschicht, wie schon oben gesagt wurde, einen nach aussen convexen Bogen. — Die anfangs unter der primären Rinde verborgenen Lenticellen treten, nachdem der Faserzellenring durch das Dickenwachsthum des Stengels in mehrere Längsstreifen gesprengt worden, an die Oberfläche des Stengels, wo sie meist in Längsreihen angeordnet sind.

Gleichen Entwickelungsgang wie *Lonicera* und *Ginkgo* zeigen, geringe Verschiedenheiten ausgenommen, die meisten unserer Bäume und Sträucher, bei denen der Kork entweder innerhalb von Faserzellenbündeln oder tiefer in der primären Rinde und in den äusseren Schichten der secundären Rinde entsteht: *Berberis*, *Sarothamnus scoparius*, *Colutea arborescens*, *Coronilla emerus* und mehrere andere strauchartige Papilionaceen, viele Spiraeen, ferner *Ribes nigrum*, *alpinum*, *aureum*, *rubrum*, und bei weitem der grösste Theil der Coniferen. Von diesen letzteren seien hier noch die mancherlei Eigenthümlichkeiten bietenden Arten der Gattung *Abies* angeführt.

Obwohl sich bei *Abies pectinata* der Kork in den unter der Epidermis gelegenen Parenchymzellen bildet, so entwickeln sich doch die Rindenporen nicht, nach dem für die Angiospermen in diesem Falle allgemein gültigen Gesetz unter den Spaltöffnungen, sondern durch Differenzirung im Phellogen.

Die Weisstanne zeigt ausserdem noch die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, dass die Lenticellen am Stamme eine regelmässig spiralige Stellung zeigen, welche sie ihrer Ursprungsstelle verdanken: sie bilden sich unterhalb der Grenzschichte, welche das Parenchym des Blattes von dem des Blattkissens abgrenzt. Die Epidermis wird schon in der ersten Vegetationsperiode durch Periderm ersetzt, ohne dass man unter den Spaltöffnungen eine Spur von Rindenporenbildung bemerkte.

Nach Sanio[14]) erfolgt das Abwerfen der Nadeln durch eine eigenthümliche Modification einiger Zellreihen im Blattgelenke, und erst unter diesen modificirten Zellen bilden sich die Korkzellen. Dies ist fast allgemein der Fall bei den Astblättern, welche eine weit kürzere Lebensdauer als die Stammblätter zeigen. Unter diesen letzteren wird die Grenzschichte schon im ersten Sommer angelegt; das Blatt bleibt nichts destoweniger noch mehrere Jahre durch das Gefässbündel mit dem Stamme in Verbindung, welcher Zusammenhang durch eine aus zwei Reihen verdickter Zellen bestehende Schichte, welche rings um die Blattbasis von aussen sich zwischen Blatt und Blattkissen einkeilt, bewirkt ist. Die Theilungen, welche die Rindenporenbildung einleiten, beginnen in der unmittelbaren Nähe des Gefässbündels und zwar durch auf die Achse des Blattes senkrecht gerichtete Theilungswände der protoplasmareichen Zellen des unter der Grenzschichte liegenden Parenchyms. Vom Gefässbündel aus erstrecken sich die Theilungen auf die Peripherie des Blattpolsters bis zur oben genannten aus dickwandigen Zellen bestehenden Schicht. Erst wenn die Lenticelle schon einen bedeutenden Entwickelungsgrad erreicht hat, wird das Blatt vollständig durch eine unter den dickwandigen Zellen stattfindende Korkbildung, welche sich auf der einen Seite an das Rindenperiderm, auf der anderen an die Verjüngungsschicht ansetzt, von dem Blattkissen abgegrenzt. Ob das Abfallen des Blattes einfach durch äussere, mechanische Einflüsse oder durch die heranwachsende Füllsubstanz bewirkt wird, konnte ich an dem im Winter eingesammelten Material nicht entscheiden.

Die auf diese Weise entstandenen Rindenporen zeigen keinen Unterschied von dem gewöhnlichen Typus; nur dass man anfangs noch die Ueberreste des Gefässbündels darin auffinden kann. Noch lange aber, selbst an älteren Stämmen lassen sich diese grossen stark in die Quere gezogenen Lenticellen an ihrer spiraligen Stellung unter den vielen nachträglich entstandenen zerstreuten Lenticellen erkennen.

An den Aesten bilden sich die Rinden-

---

14) Pringsheim's Jahrbücher. Bd. II. S. 68.

poren meist nicht unter den Nadeln, sondern zerstreut auf der ganzen Rindenoberfläche.

Die eben erwähnte nachträgliche Lenticellenbildung an der Peridermoberfläche ist eine fast allgemein verbreitete Erscheinung und soll weiter unten noch ihre Besprechung finden. Hier sei nur noch auf den Fall der Entstehung der Rindenporen aufmerksam gemacht, wo in Folge der Borkenabsonderung die primären Lenticellen verloren gegangen sind. Als besonders günstiger Gegenstand zum Studium dieses Vorgangs erwies sich die Rinde junger Apfelbäume, bei denen die ersten Borkenschuppen im Begriffe sich abzulösen sind. Das Abspringen der Schuppen beginnt an der Peripherie und erstreckt sich von hier aus ziemlich regelmässig gegen die Mitte der Schuppe. In dem Maasse als die Rinde blossgelegt wird, entwickeln sich an ihr die Lenticellen, so dass man von der Mitte der Schuppe aus nach deren Peripherie die successiven Entwickelungsstadien in übersichtlicher Reihenfolge neben einander hat.

Die durch Borkenabsonderung blossgelegte

Rindenoberfläche ist von mehreren Lagen von Korkzellen mit tangential stark verdickten Wänden bedeckt. Während durch centripetale Theilungen der Phellogenzellen die Korkhülle nach und nach verdickt wird, so werden auch durch centrifugale Theilungen eine verschieden grosse Anzahl von Korkrindenzellen erzeugt. An einzelnen Stellen, die rundliche oder längliche schwielenförmige Erhebungen bilden, ist die Phellodermbildung sehr üppig (Fig. 12). Ausserdem treten in den Korkmutterzellen nicht selten auf die Oberfläche des Stengels senkrechte Theilungen ein, in Folge deren jenes kleinzellige Phelloderm, das überhaupt unter keiner Lenticelle zu fehlen scheint, gebildet wird. Die Lenticellen treten aber erst dann an die Oberfläche der Rinde, wenn nach aussen statt Korkzellen eine Anzahl von Füllzellen entstanden sind, welche das Aufreissen des Periderms verursachen. Nicht selten erreichen beim Apfelbaum diese secundären Lenticellen eine ausserordentliche Grösse, wodurch dann grosse Strecken der Rindenoberfläche schwielenförmig erhoben werden.

IV. Structur der Lenticellen.

Nachdem wir den Vorgang der Lenticellenbildung bei einer grösseren Anzahl von Gewächsen verfolgt und gesehen haben, dass alle Fälle sich auf zwei, übrigens nur in den ersten Stadien verschiedene, Grundformen zurückführen lassen, bleibt es uns übrig, die Structur der fertigen Lenticellen näher in's Auge zu fassen.

Die nach Mohl's Ausdruck in eine Aushöhlung des Rindenparenchyms eingesenkte Lenticelle ist aus auf die Achse des Zweiges senkrecht gerichteten Zellreihen zusammengesetzt. Diese radiale Anordnung der Zellen verräth — und die Entwickelungsgeschichte bestätigt — dass sämmtliche in einer Reihe gelegenen Zellen die Theilungsproducte einer einzigen gemeinschaftlichen Mutterzelle sind. Alle die nebeneinander liegenden Mutterzellen der Lenticelle setzen die Verjüngungsschicht zusammen, welche sich ringsum in das Korkcambium fortsetzt, von welchem sie sich wesentlich dadurch unterscheidet, dass die sie zusammensetzenden Zellen nicht eng aneinander schliessen, sondern deutliche Intercellularräume zwischen sich lassen.

Alle Neubildungen gehen von dieser Verjüngungsschicht aus. Damit soll zwar nicht gesagt sein dass alle Theilungen ausschliesslich in den Zellen dieser Schicht stattfinden. Nicht selten gelang es mir nämlich zur Zeit des üppigsten Wachsthums ganz zarte Scheidewände in mehreren radial übereinander liegenden Zellen aufzufinden. Dieser Umstand deutet offenbar auf eine nachträgliche Theilung einer bereits abgegliederten Zelle. Immerhin ist es die Verjüngungsschicht, von welcher endgültig alle Neubildungen ausgehen und welche nach der winterlichen Ruheperiode die unterbrochene Bildung von Füllzellen und Phellodermzellen wieder übernimmt.

Durch centrifugale Theilungen der Phellogenzellen werden in vielen Fällen der Korkbildung Korkrindenzellen erzeugt. Nach Sanio[15]), der zuerst auf die Entstehungsweise dieser Zellen aufmerksam machte und sie mit dem Namen Phelloderm bezeichnete, ist ihre Zahl immer nur eine geringe. Unter den Lenticellen erreichen aber die Phellodermbildungen eine viel grössere Mächtigkeit. Selbst bei *Viburnum lantana*, wo sie nach Sanio's Angabe unter dem Korkcambium wirklich fehlen, sind dieselben unter den Lenticellen in ziemlich beträchtlicher Zahl vorhanden. Die Zahl der in einer radialen Reihe gelegenen Korkrindenzellen ist oft

15) Pringsh. Jahrb. Bd. II. S. 47.

eine ziemlich beträchtliche und scheint bei manchen Bäumen mit jedem Jahre zuzunehmen; bei *Ginkgo* zählte ich deren, wie schon erwähnt, an alten Lenticellen mehr als vierzig. Inhalt und weiteres Verhalten dieser Phellodermzellen sind die der übrigen Parenchymzellen, von denen sie sich leicht durch Anordnung, meist auch durch geringere Grösse unterscheiden. Besonders verdient noch der reiche Luftgehalt der Zwischenräume des sublenticellären Phelloderms hervorgehoben zu werden.

Die Consistenz der durch centripetale Theilungen der Verjüngungsschicht hervorgegangenen Füllsubstanz ist je nach den Arten eine verschiedene. Entweder bleiben die Füllzellen im engeren Verbande, indem sie sich bloss durch Abrundung ihrer Kanten mehr oder weniger von einander trennen: *Ginkgo biloba*, *Sambucus nigra*, *Lonicera* u. s. w., oder sie trennen sich ganz von einander und bilden dann jene pulverige, leicht in einzelne Zellen sich auflösende Masse, wie wir sie bei *Cerasus avium*, *Pirus malus*, *Robinia pseudo-acacia*, *Aesculus hippocastanum* und anderen finden. Hier wird aber das Auseinanderfallen der Füllzellen durch eine eigenthümliche Einrichtung verhindert. Es bilden sich nämlich immer abwechselnd nach einigen Lagen von losen Füllzellen einige zusammenhängende Zellstreifen, deren Zellen genau Verband, Form und Structur der Korkzellen zeigen. Mit diesen Korkzellen sind jedesmal die vor ihnen und nach ihnen entstandenen Füllzellen verbunden.

Ueber die physiologische Bedeutung dieser Zwischenstreifen mögen weitere Untersuchungen entscheiden. Vermitteln sie einen temporären Verschluss der Rindenporen oder bewirken sie einfach den Zusammenhang der lockeren Füllsubstanz? Der Umstand, dass sie (wenigstens so weit meine Erfahrungen reichen) constant an denjenigen Lenticellen fehlen, wo die Füllzellen in engerem Verbande bleiben, scheint für die letztere Anschauung zu sprechen.

Die Gestalt der Füllzellen ist je nach den Bäumen sehr verschieden. Es finden sich alle Uebergänge zwischen genau kugelrunden oder eiförmigen und fast prismatischen Zellen mit kaum abgerundeten Kanten. Die ersteren findet man besonders bei jungen Lenticellen von *Betula*, *Crataegus*, *Aesculus*, *Fraxinus* u. s. w.; solche von cylindrischer, radial gestreckter Gestalt, deren Längsdurchmesser um ein mehrfaches den Querdurchmesser übertrifft bei *Sophora*, *Cerasus*, *Robinia*, *Tamarix*, *Ginkgo* u. s. w. Stark in die Quere gezogene Füllzellen kommen vor bei *Salix alba*, *Acer dasycarpum*.

Die Membran der Füllzellen ist meist sehr zart, ohne auffällige Streifung und Schichtung. Ihr Verhalten gegen Reagentien ist das des Korkes oder der Cuticula. Sie ist sehr resistent gegen concentrirte Schwefelsäure; nach Zusatz von Jod färbt sie sich nicht blau, welche Reaction aber nach längerem Liegen oder durch Kochen in Kali ebenso wie beim Kork hervortritt. Ihr Inhalt ist weder Luft, noch jene vielen Korkzellen eigenthümliche braune feste Masse; selbst längere Zeit nach ihrer völligen Ausbildung zeigen sie einen gegen zusammenziehende Mittel sehr empfindsamen Primordialschlauch [16]). Die Vermuthung, dass die Füllzellen in irgend welcher Beziehung zum Oeffnen und Schliessen der Rindenporen stehen mögen, hat aus Analogieen mit den Spaltöffnungen zu schliessen, mancherlei für sich.

V. Beziehungen der Lenticellen zum Periderm.

In der grossen Mehrzahl der Fälle entstehen die Rindenporen unter den Spaltöffnungen kurz vor dem Eintreten der Peridermbildung, welche letztere dann von den Lenticellen aus sich auf die übrigen Stengeltheile erstreckt. Ein einziges Mal fand ich beim Kirschbaum die Korkbildung auf der ganzen Stengeloberfläche eingeleitet, während das unter den Spaltöffnungen liegende Parenchym noch nicht oder kaum sich zu verändern begonnen hatte.

Korkbildung und Lenticellenbildung sind also in der Regel beinahe gleichzeitig: umkleidet sich der Stengel frühe mit Periderm, so zeigen sich die Rindenporen zeitig; persistirt die Epidermis längere Zeit, so erscheinen die Rindenporen erst spät, so dass Mohl, der diese

16) Die Beschaffenheit der Füllzellen soll hier nur in ihren gröberen Zügen dargestellt sein; weiteren Untersuchungen wird es überlassen, die physikalischen Eigenschaften der Füllzellen im Einzelnen und der Füllsubstanz im Ganzen genauer zu prüfen.

Gebilde immer an jungen noch in Streckung begriffenen Zweigen suchte, sich veranlasst sah dieselben Gewächsen, wie *Rosa canina* und *Evonymus europaeus*, ferner sämmtlichen Coniferen abzusprechen.

Es giebt jedoch Bäume mit lange ausdauernder Oberhaut, die wie *Sophora japonica*, *Acer Negundo* und besonders *Acer striatum* nichts destoweniger schon frühe Lenticellenbildung zeigen. Wahrscheinlich haben wir die causale Beziehung des frühen Eintretens derselben in den bei diesen Bäumen[17]) massenhaft vorkommenden Wachsablagerungen in der Epidermis zu suchen.

Auch da, wo die Rindenporenbildung nicht unter Spaltöffnungen vor sich geht, findet sie meist gleichzeitig (wenigstens die der ersten Lenticellen) mit der Peridermbildung statt: *Lonicera*, *Berberis*, *Ribes*, *Colutea*, *Ginkgo*, *Thuja* u. s. w. Wenn in mehreren Fällen die Rindenporenentstehung erst längere Zeit nach der Peridermbildung eintritt wie bei *Abies pectinata*, so ist dies wahrscheinlich der langen Persistenz der Nadeln zuzuschreiben, welche während längerer Zeit die Respiration des Stammes versorgen. Ebenso fehlen bei *Larix europaea* die Lenticellen am jungen bereits mit Periderm umkleideten Zweige; hier tritt aber die eingesperrte Luft reichlich durch die Spitze der Kurztriebe aus[18]).

Nicht selten nehmen die bereits ausgebildeten Lenticellen noch an Grösse zu und zwar dadurch, dass in ihrem Umkreise das Korkcambium, statt Korkzellen Füllzellen erzeugt. Es kann aber auch der entgegengesetzte Fall vorkommen, dass nämlich statt Füllzellen ächte Korkzellen erzeugt werden. Geschieht dies von der Peripherie aus gegen die Mitte, so wird die Grösse der Lenticelle vermindert. Dieser Umstand giebt uns einen Aufschluss über die so verschiedene Gestalt der Lenticellen an älteren Stammtheilen, ebenso über die mit dem Dickenwachsthum des Stammes beinahe gleichen Schritt haltenden, niedrigen, breiten, einen grossen Bruchtheil des Stengelumfangs messenden Rindenporen von *Betula*, *Cerasus avium*, *Abies pectinata*, *Tamarix indica* u. s. w. als über die nur wenig an Grösse zunehmenden Rindenporen von *Fraxinus excelsior*, *F. ornus*, *Ailantus glandulosa* u. s. w. Im Spätjahr werden in allen Lenticellen statt Füllzellen einige ächte Korkschichten erzeugt: die Rindenporen werden verschlossen. Da im folgenden Frühjahr nicht immer die ganze Verjüngungsschicht die Füllzellenbildung wieder aufnimmt, so kann die Grösse der Lenticelle verringert werden; diese kann selbst in mehrere kleinere zerlegt werden: *Pirus malus*, *Rhamnus frangula*, *Tsuga canadensis*, *Broussonetia papyrifera* u. s. w.

Die Bildung der verschliessenden Korkschicht sah ich im October, wo ich zuerst darauf aufmerksam wurde, vor dem Abfallen der Blätter bereits eingeleitet. Zahl und Structur der Verschlussschichten — die nicht mit den früher besprochenen Zwischenstreifen zu verwechseln sind — sind je nach den Gewächsen sehr verschieden: ihre Zellen unterscheiden sich von denen des Periderms meist nur durch geringere Grösse, oft jedoch auch durch ihre Form und zwar besonders auf Flächenansichten. Die Zahl der Verschlussschichten ist eine sehr geringe bei *Ginkgo biloba*, *Salix vitellina*, *Cornus sanguinea*. Bei den drei letzteren Gewächsen ist aber die geringe Zahl der Korklagen durch die Dichtigkeit derselben ausgeglichen: die tangentialen Wände der Korkzellen sind stark verdickt. Durch mehrere Schichten dünnwandiger Korkzellen wird der Verschluss hergestellt bei *Tilia parvifolia*, *Cerasus avium*, *Tamarix indica*, *Broussonetia papyrifera* u. s. w.

Bei der grossen Mehrzahl der Gewächse geht die vom Pheloderm durch die Korkschichten abgeschlossene Füllsubstanz bald unter äusseren Einflüssen zu Grunde. In einer Anzahl von Fällen jedoch und dies besonders an alten Bäumen bleibt die Füllsubstanz der in den Längsfurchen des Stammes eingesenkten Lenticelle, theils wegen diesem Schutze, theils wegen ihrer resistenten Beschaffenheit Jahre lang erhalten, so z. B. bei Acerarten, bei *Robinia pseudo-acacia* und besonders bei *Ginkgo biloba*, wo man das Alter der Lenticelle an der Zahl der abwechselnden Lagen von Füllsubstanz und ächtem Kork abzählen kann (Fig. 8).

Nach der winterlichen Ruheperiode werden, wie schon oben angedeutet wurde, auch die Lenticellen zu neuer Thätigkeit erweckt. Die Füllzellenbildung beginnt ungefähr zu derselben Zeit, wie die Holzbildung im Cambium. In den unmittelbar unter den Verschlussschichten liegenden zur Ruhe gekommenen Zellen der Verjüngungsschicht treten Theilungen ein, in Folge deren auf die bekannte Weise Füllzellen gebildet werden, die nach längerer oder kürzerer Frist die verschliessenden Korkschichten spren-

17) A. de Bary: Ueber die Wachsüberzüge der Epidermis. Bot. Zeit. 1871.

18) Hiermit die weiter unten angeführten Experimente zu vergleichen.

gen. Im Ganzen also ein der Lenticellenbildung an der Oberfläche des Periderms zu vergleichender Vorgang. Ob in allen Fällen die Füllzellenbildung einzig und allein durch die Verjüngungsschicht wieder aufgenommen wird, kann ich nicht mit Sicherheit behaupten, da die Zellvermehrung oft gleich von Anfang eine sehr üppige ist und es nicht immer leicht ist die jüngsten Stadien zu beobachten. In einer Anzahl von Fällen ist es mir jedoch gelungen, die Zellen der Verjüngungsschicht durch ganz zarte Wände getheilt zu finden: *Tamarix indica*, *Ginkgo biloba*, *Sophora japonica*.

Nachdem wir das Verhalten der Lenticellen im Vegetations- und Ruhezustand betrachtet haben, bleibt es uns übrig die Veränderungen in's Auge zu fassen, welche die Rindenporen am alternden Stamme erleiden. Ebenso wie ihre Entstehung ist auch ihr weiteres Verhalten von der Art der Peridermbildung abhängig. Mohl[19]) unterscheidet drei Fälle, je nach dem die Rinde ein glattes Periderm oder Streifenborke oder Schuppenborke zeigt. Nach ihm verliert allmälig das Zellgewebe, welches sich auf der Oberfläche der Lenticelle bildet, seine parenchymatische Beschaffenheit und nimmt mehr und mehr die des Periderms an, bis es mit den inneren jungen Schichten des Rindenperiderma zusammenfliesst und mit ihnen eine gleichförmige zusammenhängende Masse darstellt. Auf diese Weise wird der innere parenchymatische lebende Theil der Lenticelle von ihrem äusseren korkähnlichen vertrocknenden Theile durch das Periderma geschieden. Das Wachsthum der Lenticelle ist damit aufgehoben und man findet dieselbe später nur noch als den todten Ueberrest einer früheren Bildung. Am deutlichsten ist nach Mohl diese Veränderung der Lenticellen bei *Betula* zu beobachten.

Dieses Beispiel war keineswegs glücklich gewählt um sich über das weitere Verhalten der Lenticellen klar zu werden. In der That geht an älteren Stammtheilen der Birke die sonst charakteristische Structur der Lenticellen theilweise verloren. Diese zeigen in ihrem Bau, wenigstens bei oberflächlicher Betrachtung, die grösste Uebereinstimmung mit dem Periderm. Dieses besteht bekanntlich aus Lagen von tafelförmigen, dickwandigen, luftführenden Zellen, die mit solchen aus dünnwandigen, weiteren, körnigen Inhalt führenden Zellen bestehenden

19) Mohl's Verm. Schriften S. 236.

abwechseln. Diese letzteren bewirken das schichtenweise Abblättern des Periderms. Sehr stark stechen die braunen, schmalen, bandartig verbreiterten Lenticellen von der glänzenden Birkenrinde ab. Auf Querschnitten sieht man zwar, wie Mohl angiebt, dass sich die abwechselnden dünnwandigen und dickwandigen Peridermstreifen über die Lenticellen fortsetzen. Man bemerkt jedoch bei genauerer Betrachtung, dass sie hier eine abweichende Gestalt und Structur zeigen, durch welche es ihnen ermöglicht ist, die Luftzufuhr zu gestatten. Am besten lassen sich diese Structurverschiedenheiten auf Tangentialschnitten constatiren. Die weissen lufthaltigen, dickwandigen Korkzellen sind stark in die Quere verzogen und bilden, indem sie sich mit ihren zugespitzten Enden lückenlos aneinander legen, einen dichten Verschluss. Ueber den Lenticellen sind diese weissen Zellen viel kleiner, zeigen kreisrunden oder polygonalen Umkreis und lassen ziemlich grosse mit Luft erfüllte Intercellularräume zwischen sich. Diese senkrecht zur Oberfläche der Rinde übereinander stehenden Intercellularräume bilden lange durch Luftgehalt schwarz erscheinende Streifen, welche von aussen bis zum sublenticellären Phelloderm dringen. Wie schon oben gesagt bildet die Birke einen Ausnahmefall. Bei der Mehrzahl der Bäume bleibt die primitive Structur der Lenticellen erhalten. An alten Stämmen von *Cerasus*, *Fagus*, *Abies* u. s. w. unterscheiden sich die Lenticellen von denen an jungen Zweigen bloss durch äusseres Aussehen und Grösse: die innere Structur bleibt sich gleich.

Die mit dem ersten Kork entstandenen Rindenporen finden wir zeitlebens an denjenigen Stämmen, welche immer glattes Periderm behalten, bei anderen bis zum Eintritt der ersten Borkenbildung. Entweder folgen diese lange ausdauernden Lenticellen der Ausdehnung der Rinde und erreichen eine beträchtliche Breite (*Cerasus avium*, *Betula*, *Abies pectinata*) oder sie nehmen von einem gewissen Zeitpunkte aus nicht mehr an Breite zu, indem sich von den Seiten her allmälig Kork zwischen Phelloderm und Füllsubstanz einschiebt: *Pirus malus*, *Ailantus*, *Fraxinus ornus* u. s. w. Anders ist das Verhalten der Rindenporen bei denjenigen Bäumen wo die Rinde Längsrisse erhält. Hier reisst, wie schon Mohl bemerkt, die Rinde gewöhnlich in den Lenticellen der Länge nach ein und diese kommen dann in die Längsfurchen des Stammes zu liegen, wo sie noch lange thätig, ihrer versteckten Lage wegen aber nicht immer leicht aufzu-

finden sind: *Robinia pseudo-acacia*, *Ginkgo biloba*, *Prunus domestica*.

Besondere Rücksicht verdienen nun noch die regelmässig Schuppenborke bildenden Bäume, bei denen mit den ersten Schuppen die primären Lenticellen gänzlich wegfallen. Die Entwickelungsweise solcher Lenticellen wurde bereits an einem Beispiele (*Pirus malus*) erläutert. Die Entstehung dieser secundären Rindenporen ist, obwohl eine sehr verbreitete Erscheinung, meines Wissens noch nicht hervergehoben worden. Weder Mohl, noch Trécul erwähnen sie. Mir gelang es sie überall da aufzufinden, wo die ursprünglichen Lenticellen durch Borkenabsonderung verloren gegangen waren. Als besonders interessantes Beispiel sei hier die Platane angeführt. Mit den ersten Borkenschuppen fallen die an jungen Stämmen in Form von ansehnlichen Querstreifen vorhandenen Lenticellen ab und bei oberflächlicher Betrachtung scheinen die Lenticellen an älteren Stammtheilen gänzlich zu fehlen. Untersucht man aber genauer die scheckige Platanenrinde, so bemerkt man kleine in Längsstreifen angeordnete Höckerchen, die sich bei der microscopischen Untersuchung als Lenticellen herausstellen. Die zahlreichen Rindenporen nehmen entweder gar nicht oder doch nur unerheblich an Grösse zu, da sie schon nach kürzerem Zeitraume mit den Borkenschuppen abgeworfen werden, um bald wieder durch neue ersetzt zu werden. Ausser der Dickwandigkeit ihrer Füllzellen sind die secundären Lenticellen von Platanus noch besonders durch ihre Lage über den Rindenstrahlen bemerkenswerth, welcher Umstand, obwohl in weniger auffallender Weise, sich auch bei anderen Gewächsen zeigt.

Das Vorkommen der Rindenporen an den Wurzeln der Bäume ist bisher wenig beobachtet worden. Mit Bestimmtheit sind sie zuerst erwähnt in dem Dictionnaire de Botanique von Germain de Saint-Pierre; genauer beschrieben in einer kleinen Arbeit Gibelli's: Sul Protomyces violaceus Cesati e sulle Lenticelle (Atti della VI riunione degli scienziati italiani p. 511). Cesati hatte die an den Wurzeln des Maulbeerbaumes violette Pusteln bildenden Lenticellen als *Protomyces violaceus* beschrieben und in ihnen die Ursache des den genannten Baum befallenden „Male del falchetto" gesucht. Gibelli widerlegt Cesati's Irrthum indem er zeigt, dass diese violette Pusteln in ihrer Structur mit den Lenticellen des Stammes bis auf die Farbe übereinstimmen.

An allen Bäumen, welche Lenticellen am Stamme zeigen, gelang es mir sie auch an den Wurzeln aufzufinden. Ihre Entstehung habe ich zwar nicht genauer verfolgt, sie dürfte aber mit dem zuletzt geschilderten Entwickelungsgang der secundären Lenticellen völlig übereinstimmen.

VI. Physiologische Bedeutung der Lenticellen.

Fassen wir die Ergebnisse der anatomischen Untersuchungen über die Lenticellen zusammen, so geht daraus auf's Deutlichste hervor dass diese keineswegs, wie es bis jetzt die allgemein gültige Meinung war, als partielle Korkbildungen oder Korkwucherungen zu betrachten sind. Der Ort der Entstehung, das allgemeinere Vorkommen sowohl an Wurzeln als an Stammtheilen, endlich die constante Nachbildung der Lenticellen an denjenigen Stellen, wo sie durch Borkenabsonderung verlorengegangen waren, lassen in diesen Gebilden für das Leben der Bäume wichtige Organe vermuthen. Ihre physiologische Bedeutung lässt sich schon aus der im sublenticellären Phelloderm reichlich vorhandenen Luft, die durch die Intercellularräume der Verjüngungsschicht und der Füllsubstanz mit der Atmosphäre in Verbindung steht, errathen. Dass die Lenticellen oder Rindenporen als den Spaltöffnungen physiologisch analoge Organe zu betrachten sind, lässt sich leicht auf experimentellem Wege nachweisen[20]).

Ein mit Lenticellen versehener Zweig wurde zu diesem Zweck luftdicht an den kürzeren Schenkel eines zweischenkeligen Glasrohrs befestigt. Nachdem der ganze Zweig bis zur oberen zugekitteten Schnittfläche in ein mit Wasser angefülltes gläsernes Gefäss untergetaucht worden, wurde eine geringe Quantität Quecksilber in den längeren Schenkel des Glasrohres gegossen. Unter ganz geringem Druck trat reichliche Luft

---

20) Dass hier eine ganze Reihe von Experimenten auszuführen sind, leuchtet wohl jedermann ein. Es war hier bloss meine Absicht die auf anatomischem Wege gewonnenen Resultate durch die Experimentirung festzustellen. Zukünftige Untersuchungen werden zeigen, ob die Analogieen zwischen Lenticellen und Spaltöffnungen weiter durchführbar sind.

aus, nicht wie man bisher angenommen[21]) durch zufällige Rindenrisse oder durch die Oeffnungen der Gefässe an den Stellen, wo Blätter sich abgelöst haben[22]), sondern durch die Lenticellen. Hierdurch wird die von Du Petit-Thouars aufgestellte, von Meyen und Schleiden wiederholte Anschauung, dass die Lenticellen als Respirationsorgane der mit Periderm versehenen Gewächse zu betrachten seien, gerechtfertigt.

Die Lenticellen sind nicht besonders stark entwickelte Peridermtheile, sondern Durchbrechungen desselben; sie verhalten sich, jedenfalls was ihre physiologische Bedeutung betrifft, zu dem Periderm wie die Spaltöffnungen zu der Epidermis.

Wiederholt man das oben angeführte Experiment im Winter an Zweigen, deren Lenticellen geschlossen sind, so ergeben sich, wie zu erwarten war, ganz andere Resultate. Von einem durch diese meist nur in geringer Zahl vorhandenen Korkzellenreihen bewirkten festen Verschluss, wie dieser durch den die übrigen Stengeltheile umgebenden Kork hergestellt wird, kann die Rede nicht sein. Wenn es aber im Sommer ein leichtes ist bei ganz geringem Druck grössere Luftmengen durch die Lenticellen zu jagen, so gelingt dies im Winter nicht mehr und es ist je nach der Dichtigkeit der verschliessenden Korkschichten ein grösserer Druck erforderlich. Geringe Höhe der Quecksilbersäule bewirkt das Ansammeln von Luftblasen über den Rindenporen von *Ginkgo biloba*, *Lonicera tatarica*, *Sambucus nigra*, bei denen die Verschlussschicht aus wenigen Korkzellen besteht. Bei *Tilia parvifolia* und *Crataegus coccinea* sah ich erst bei einem Drucke von 50—60 M. sparsame Luftblasen durch die Rindenporen treten. Bei *Tilia parvifolia* ist der Verschluss durch eine grössere Anzahl dünnwandiger, bei *Crataegus* durch wenige Reihen stark einseitig verdickter Korkzellen hergestellt.

Verringert man in den zuletzt angegebenen Beispielen die Höhe der Quecksilbersäule um einige Centimeter, so tritt nicht mehr merklich Luft aus. Durchsticht man nun die verschliessende Korkschicht, so tritt ein reichlicher Luftstrom aus. Daraus geht am klarsten hervor, dass die Lenticellen im Winter geschlossen sind; wenigstens kann der Gasaustausch nur durch Diffusion stattfinden. Dasselbe Experiment beweist auch, dass die Intercellularräume unter den Rindenporen ihre grösste Entwickelung erreichen. Die an einem beliebigen anderen Orte verletzte Peridermoberfläche lässt zwar auch Luft austreten, aber in viel geringerer Quantität als die künstlich geöffneten Lenticellen.

VII. Anhang.

An die mitgetheilten Beobachtungen über das allgemeinere Vorkommen der Lenticellen sowohl an Stämmen als an Wurzeln knüpft sich die Frage an, ob diese physiologisch wichtigen Gebilde bei allen Gewächsen vorkommen, bei denen in Folge der Peridermbildung die Spaltöffnungen verloren gehen. Wenn die Lenticellen eine viel allgemeinere Verbreitung zeigen als man bis jetzt angenommen, so giebt es doch eine Anzahl von peridermbildenden Gewächsen, bei denen es mir nicht gelungen ist dieselben aufzufinden. Ihr Fehlen bei einer Anzahl klimmender und windender Sträucher (*Vitis vinifera*, *Caprifolium italicum*, *periclymenum*, *Tecoma radicans*, *Clematis vitalba*, *flammula* etc.) liesse vermuthen dass die Rindenporen sämmtlichen Lianen und Kletterpflanzen abgehen. Dagegen spricht aber ihr Vorkommen bei *Ampelopsis hederacea*, *Glycine sinensis*, *Periploca graeca*, *Aristolochia sipho*, *Solanum dulcamara* und anderen. Vergleichen wir aber die Gewächse beider Reihen in ihrer Rindenbildung, so sehen wir, dass die der ersteren durchweg periodische Ringelborkenabsonderung zeigen; dass bei den der anderen dagegen das auf verschiedene Weise entstandene Periderm längere Zeit ausdauert. Da die Rindenporen ausserdem bei einer Anzahl anderer Ringelborke bildender Gewächse wie *Philadelphus coronarius*, *Deutzia scabra*, *Rubus odoratus*, *caesius* u. s. w. fehlen, so liesse sich die Frage stellen, ob diese Gebilde bei allen ähnliche Rindenverhältnisse zeigenden Pflanzen und nur bei diesen fehlen. Es ist jedoch dies nicht der Fall, da lenticellenbildende Gewächse wie

21) Sachs, Phys. S. 247 und folgende.

22) Dies ist zwar der Fall bei künstlicher Entblätterung der Zweige oder kurz nach dem herbstlichen Abfallen derselben. An älteren Zweigen tritt aber gar keine Luft mehr durch die Blattnarben aus (falls sich nicht Lenticellen an diesen Stellen entwickeln).

die Loniceraarten (*L. tatarica*, *xylosteum*, *nigra*) periodisch die äusseren Rindentheile abwerfen[23]). Aus den beobachteten Thatsachen liesse sich vielleicht folgende obwohl nicht ausnahmslose Regel aufstellen:

Das Fehlen der Rindenporen wird bei einer Anzahl Holzgewächse beobachtet, welche regelmässige Ringelborkenabsonderung zeigen.

Durch welche Structureigenthümlichkeiten die Lenticellen bei diesen Bäumen entbehrlich sind, ob hier der Gasaustausch einfach durch Diffusion durch die Wände des wenigschichtigen Periderms oder durch zufällige Rindenrisse geschieht, dies sind alles Fragen, über die ich mich nicht mit Bestimmtheit auszusprechen wage.

Da ältere Schriftsteller, nicht selten auch moderne, die Lenticellen oft mit anderen an der Oberfläche der Rinde vorkommenden Gebilden verwechselt haben, so wird es zweckmässig sein, einige mit den Rindenporen verwechselte Gebilde kurz zu besprechen. Ohne hier in die handgreiflichen Irrthümer der älteren Autoren, die die Lenticellen bald mit Spaltöffnungen, bald mit Drüsen verwechselten einzugehen, sollen nur diejenigen Erscheinungen besprochen werden, welche wirklich einige äusserliche Aehnlichkeit mit den Lenticellen zeigen. Dass der Name Korkwarzen keineswegs für die Rindenporen zu gebrauchen ist, geht aus dieser Arbeit hervor; viel zweckmässiger wird man ihn mit den Ausdrücken „Korkleisten, Korkflügel“ für locale Korkwucherungen, wie sie auf der Rinde von *Ulmus suberosa*, *Liquidambar styraciflua*, *Evonymus* und *Leguminosen*arten vorkommen, gebrauchen.

Eine hervorragende äusserliche Aehnlichkeit mit den Rindenporen zeigen die braunen

23) Ohne Zweifel wird sich bei ausgedehnterer Nachforschung deren Zahl bedeutend vermehren; andererseits wäre es nicht unmöglich, bei genauerer Untersuchung die Rindenporen bei einigen der angeführten Gewächse zu entdecken.

Warzen auf der Rinde von *Evonymus verrucosa*. Dieselben wurden auch durch Unger und Germain de St.-Pierre mit den Lenticellen verwechselt. Sie entstehen jedoch keineswegs unter den Spaltöffnungen, zeigen auch nicht die für die Rindenporen characteristische Structur.

Nach den von Professor de Bary mir gütigst mitgetheilten Präparaten zu urtheilen, sind es korkartige Wucherungen des Rindenparenchyms, durch welche die Epidermis in die Höhe gehoben wird. Die Zellen dieser Warzen sind durch einen rothbraunen Inhalt gefärbt.

Die nach Germain de St. Pierre (l. c.) unter Haaren entstandenen Lenticellen von *Sambucus nigra* sind, wie Trécul richtig bemerkt, mit den daneben vorkommenden ächten Rindenporen nur bei oberflächlicher Betrachtung zu verwechseln.

Den Lenticellen ähnliche Gebilde kommen nicht selten im Herbst an der Basis starker Blattstiele verschiedener Bäume vor: so bei *Juglans regia*, *Sambucus nigra*, *Ailantus glandulosa*, *Paulownia imperialis*. Bei diesem letzteren zeigen diese Gebilde eine auffallende Aehnlichkeit mit den ächten Lenticellen. Ihre Entstehungsweise liess sich an den bereits abgefallenen Blättern nicht mehr ermitteln; die die gewöhnliche Structur zeigende Füllsubstanz wird durch Theilung des chlorophyllhaltigen Parenchyms nachgebildet; eine regelmässige Verjüngungsschicht ist nicht vorhanden.

An dieser Stelle wären vielleicht auch noch die an den Würzeln von *Dracontium pertusum* vorkommenden, ähnliche Organisation zeigenden Peridermdurchbrechungen zu erwähnen. Obwohl Mohl sämmtlichen Monocotylen die Lenticellen abspricht, so wäre es dennoch möglich dieselben an den Stämmen der peridermbildenden Monocotyledonen aufzufinden.

Erklärung der Abbildungen.

k = Korkzellen. c = Korkcambium.
f = Füllzellen. v = Verjüngungsschicht.
ph = Korkrindenzellen, Phellodermzellen.
s = Verschlussschicht. b = Bastbündel.

Fig. 1. Spaltöffnung mit unveränderter Athemhöhle von *Sambucus nigra* (250).

Fig. 2. Von demselben: Die Athemhöhle ist bereits mit Füllzellen angefüllt (150).

Fig. 3. Von demselben: Weiter vorangeschrittenes Stadium; die tiefer gelegenen Parenchymzellen theilen sich (150).

Fig. 4. Von demselben: Bildung der Verjüngungsschicht. Einige Füllzellen sind während der Präparation herausgefallen (250).

Fig. 5. Von demselben: Die Epidermis ist unter dem Druck der Füllsubstanz aufgerissen (100).

Fig. 6. Junge Lenticelle von *Cerasus avium* (150).

Fig. 7. *Ginkgo biloba:* Entstehung der Lenticellen aus dem Phellogen (125).

Fig. 8. *Ginkgo biloba:* Lenticelle vom mehrjährigen Stengel (12).

Fig. 9. *Ginkgo biloba:* Flächenansicht der Peridermzellen (125).

Fig. 10. *Ginkgo biloba:* Flächenansicht der Füllzellen (125).

Fig. 11. *Ginkgo biloba:* Flächenansicht der Zellen der Verschlussschicht (125).

Fig. 12. *Apfelbaum:* Junge an der Oberfläche der durch Borkenabsonderung bloss gelegten Rinde entstandene Lenticelle (240).

Anmerkung. In Folge der Präparation sind die Schliesszellen der Spaltöffnungen auseinander gewichen.

Fig. 1.

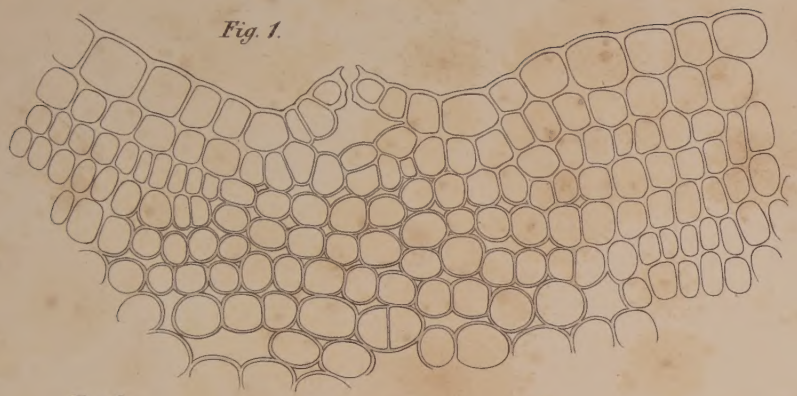


Fig. 2.

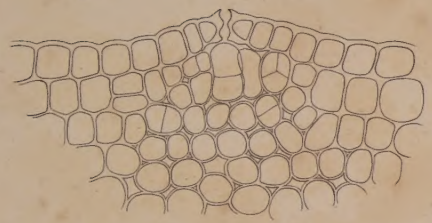


Fig. 3.

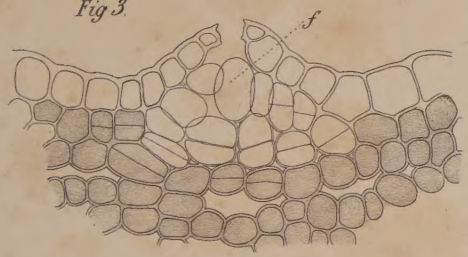


Fig. 4.

Fig. 5.

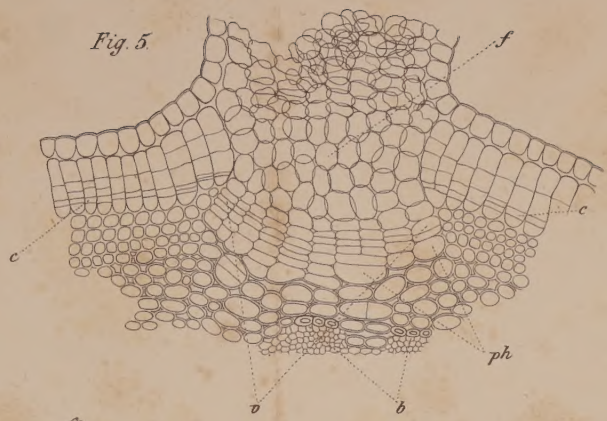


Fig. 6.

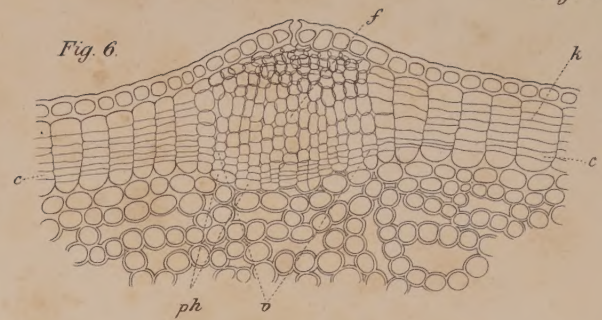


Fig. 7.

Fig. 8.

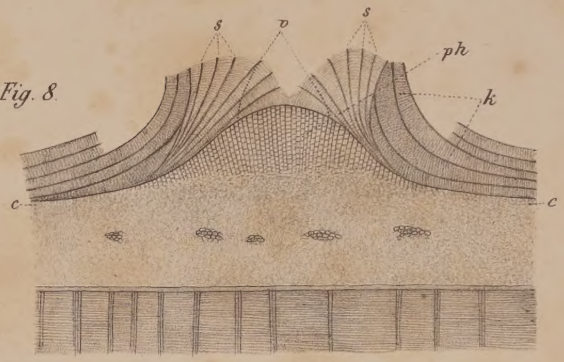


Fig. 9.

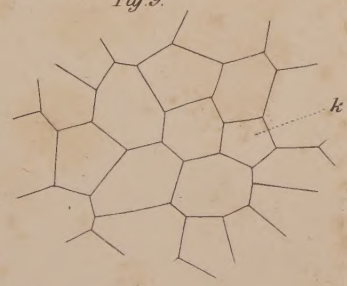


Fig. 10.

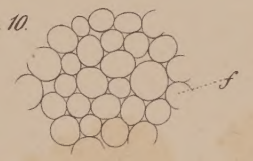
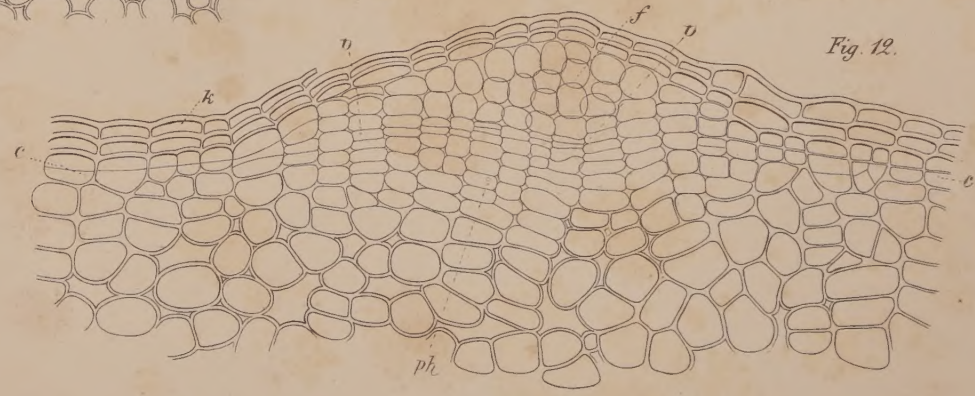


Fig. 11.

Fig. 12.



C.F. Schmidt lith.